

## 重庆滨水近自然绿地植物评价与筛选研究

### Research on the Evaluation and Selection of Plants for Near-Natural Riparian Green Spaces in Chongqing

赖小红<sup>1,2</sup> 汪洪夷<sup>1,2</sup> 王艳云<sup>1,2</sup> 余 俏<sup>1</sup> 王 灿<sup>3\*</sup>  
LAI Xiaohong<sup>1,2</sup> WANG Hongyi<sup>1,2</sup> WANG Yanyun<sup>1,2</sup> YU Qiao<sup>1</sup> WANG Can<sup>3\*</sup>

(1.重庆交通大学建筑与城市规划学院, 重庆 400074; 2.重庆交通大学未来城市与碳中和技术研究所, 重庆 400074; 3.重庆设计集团有限公司, 重庆 400020)

(1. College of Architecture and Urban Planning, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, China, 400074; 2. Research Institute of Future Cities and Carbon Neutrality, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, China, 400074; 3. Chongqing Design Group Co., Ltd., Chongqing, China, 400020)

文章编号: 1000-0283(2026)02-0110-08

DOI: 10.12193/j.laing.20250312002

中图分类号: TU986

文献标志码: A

收稿日期: 2025-03-12

修回日期: 2025-04-16

#### 摘 要

城市滨水区在维持城市生态安全、提升景观质量方面具有重要作用, 然而, 当前滨水绿地普遍面临过度人工化、维护成本高、水文扰动适应性差等问题, 生态系统服务功能难以正常发挥。近自然绿地理念为破解滨水绿地困境提供了新路径。以重庆市中心城区“两江四岸”滨水沿岸为对象, 针对复杂地形与水文动态特征, 对14个样地、218个滨水自然植物群落样方进行调查, 共记录植物41科102属116种, 菊科和禾本科为优势科, 草本植物作为先锋物种占据较大生长优势。基于调查数据, 采用层次分析法(AHP)构建了评价体系, 筛选出70种适合应用于滨水近自然植物群落构建的自生植物。根据筛选评价的综合得分, 将70种植物划分为4个等级, 其中Ⅰ级和Ⅱ级应作为重庆滨水绿地近自然植物群落构建的优先物种选择, Ⅲ、Ⅳ级则根据具体需要作为群落植物多样性和观赏多样性的补充物种。研究结果有助于提升重庆滨水绿地生态功能及景观价值, 促进滨水绿地绿色低碳与可持续发展。

#### 关键词

近自然绿地; 自生植物; 滨水景观; 植物筛选; 景观配置

#### Abstract

Urban waterfront areas play a crucial role in maintaining urban ecological security and enhancing landscape quality. However, current waterfront green spaces commonly face problems such as excessive artificiality, high maintenance costs, and poor resilience to hydrological disturbances, hindering the normal functioning of ecosystem services. The concept of near-natural green spaces offers a new pathway to address the predicament of waterfront green spaces. Taking the waterfront of the “Two Rivers and Four Banks” area in Chongqing’s central urban area as the study area and focusing on the complex terrain and hydrological dynamic characteristics, we investigated 14 sample plots and 218 waterfront natural plant community quadrats. A total of 116 species belonging to 102 genera and 41 families were recorded, with Asteraceae and Poaceae being the dominant families, and herbaceous plants occupying a significant growth advantage as pioneer species. Based on the survey data, a hierarchical analysis (AHP) was used to construct an evaluation system, which identified 70 native plant species suitable for the construction of near-natural waterfront plant communities. Based on the comprehensive scores from the screening evaluation, the 70 plant species were divided into four grades. Grade I and Grade II should be given priority in the construction of near-natural plant communities in Chongqing waterfront green spaces, while Grade III and Grade IV can be used as supplementary species to enhance community and ornamental plant diversity, based on specific needs. The research results contribute to enhancing the ecological functions and landscape value of Chongqing’s waterfront green spaces and to promoting their green, low-carbon, and sustainable development.

#### Keywords

near-natural green space; native plant; waterfront landscape; plant selection; landscape configuration

#### 赖小红

1989年生/女/四川简阳人/博士/讲师/研究方向为城市滨水荒野景观、蓝绿空间景观格局与城市热环境

#### 汪洪夷

2000年生/女/重庆铜梁人/硕士/研究方向为城市荒野植物生态与景观感知

#### 王 灿

1988年生/男/湖南岳阳人/硕士/高级工程师/研究方向为城市道路景观规划设计、路域生态系统研究

\*通信作者 (Author for correspondence)

E-mail: wangcan149@163.com

#### 基金项目:

重庆市教育委员会人文社会科学研究项目“基于生态美学的城市滨水区荒野景观感知与评估”(编号: 22SKGH171); 重庆市科学技术局自然科学基金面上项目“山地城市滨水区荒野景观价值评估体系构建与应用研究”(编号: CSTB2022NSCQ-MSX1345)

城市滨水区作为水陆生态系统的交错过渡带,是维持城市生态安全、提升景观质量的关键界面,滨水区绿地在维持生境连通、调节微气候、净化水质等方面具有重要作用<sup>[1,2]</sup>。然而,当前滨水绿地普遍面临过度人工化、维护成本高、水文扰动适应性差等问题<sup>[3]</sup>,滨水绿地生态系统服务功能及自我调节能力无法正常发挥。在此背景下,近自然绿地理念因其自然恢复为主、人工干预为辅的核心思想<sup>[4]</sup>,为破解滨水绿地困境提供了新路径<sup>[5]</sup>。近自然绿地通过模拟自然群落结构与演替规律,构建低维护、高韧性的植物配置模式,既能更好地稳定河岸、增强碳汇能力并提升水质<sup>[6,7]</sup>,又能满足居民对原始自然的探索需求,促进生态疗愈与教育功能的实现,同时降低维护管理成本,在生态、社会与经济层面均具有显著优势<sup>[8-10]</sup>。当前,近自然植物群落的构建主要依赖于对典型自然植物群落特性的详细调查和分析,进而通过自然模拟和优化手段来实现近自然状态<sup>[11-13]</sup>。

重庆作为典型的山地城市,具有独特的地形与水文特征,其滨水空间受长江与嘉陵江周期性水位变化影响,形成显著的高程梯度生境<sup>[14]</sup>。复杂地形与水文动态协同作用,导致原生植被群落功能脆弱,亟须筛选并构建适应水位变化的近自然植物群落<sup>[15]</sup>。部分滨水区域因开发难度较大,保留大片原生植被,但在可持续性和功能性方面存在不足。通过将滨水自生植物引入栽培植物群落,形成稳定的群落结构,有助于提升滨水绿地的环境韧性。本研究以重庆中心城区“两江四岸”滨水区域为对象,聚焦以下科学问题:(1)如何筛选适应复杂地形与水文扰动的近自然植物物种?(2)如何构建兼顾生态功能与景观美学的植物群落?通过野外调查与评价指标体系构建,筛选兼具生态与景观价值

的滨水植物种类,并提出应用建议,为重庆滨水空间生态修复与景观营建提供低成本、高韧性的解决方案。

## 1 研究区概况

研究区域位于重庆市中心城区,长江、嘉陵江穿城而过,重庆滨水环境呈现出复杂多样、立体多变的特性。位于重庆中心城区的“两江四岸”滨水区域是重要的生态走廊,也是重庆城区最典型的滨水绿色空间,兼具库区与自然河流的双重特性。区域内滨水沿岸呈现明显的水位季节性变化,自然植被以耐水淹抗冲刷的湿地草本或灌草群落为主<sup>[14]</sup>,存在植物生长受限、入侵植物威胁、景观效果不足等问题。如图1所示,最终选取14个具有代表性的滨水沿岸作为样地进行调查,它们涵盖重庆主城9区,并且多数保留自然植被的生长进程。

## 2 研究方法

### 2.1 植物群落调查

本研究在2023—2024年对重庆中心城区滨水野生空间进行了长期的植物景观调查,

并于2024年4—6月进行植物群落样地调查。综合考虑重庆中心城区滨水野境的植被生长受水位变化影响较大,为了调查结果能够充分反映研究区域自然植被的物种组成,选择在不同高程的区域设置样方<sup>[16]</sup>。

将调查范围的滨水沿岸划分为两个区域4个高程段(图2)。(1)消落带区域:高程

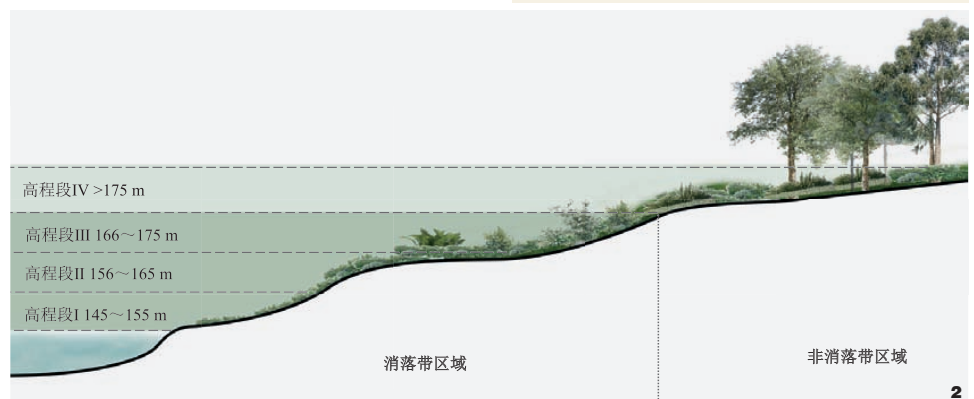


图1 研究样地分布示意图  
Fig. 1 Research plot distribution map

图2 研究区域高程段划分示意图  
Fig. 2 Study area elevation division schematic diagram

在145~175m,划分为三个高程段,即高程段I(145~155m)、高程段II(156~165m)、高程段III(166~175m)。(2)非消落带区域:高程>175m,即高程段IV。

在样地调查中,乔木样方大小设置为10m×10m,灌木和草本样方大小设置为5m×5m,记录时按照乔木层、灌木层、草本层对样方的植物名称、数量、生长状况等基本信息进行记录并拍照<sup>[16]</sup>。通过对重庆市中心城区14个滨水沿岸的实地调查,最终获取的样方总数为218个,包含乔木样方68个、灌木样方72个、草本样方78个(表1)。

2.2 聚类分析

在R语言中通过4种聚类方法对重庆中心城区滨水野境218个样方进行聚类分析,4种聚类方法分别为:UPGMA算术平均法聚类、单连接聚合聚类、完全连接聚合聚类和Ward最小方差聚类。通过比较同表型相关系数的大小确定聚类方法。再使用皮尔逊相关系数

计算原始距离矩阵和二元分类矩阵之间的相关性,选取最高相关系数所对应的分类水平作为最优聚类簇数<sup>[17]</sup>。

2.3 滨水适生植物筛选

对群落调查所得植物类型,运用AHP层次分析法和专家评分法建立评价体系,以筛选滨水近自然植物群落中兼具生态与景观价值的适生植物。筛选出的植物应具有以下特征:(1)对山地城市滨水环境的适应性强,需要具备如耐涝性、耐旱性等生长适应性;(2)生态价值突出,能有效净化水质、保持水土等;(3)具有一定的生态与景观价值,以满足公众对美学和景观的需求;(4)易于构建和管理,以达到低碳的效果。

3 结果与分析

3.1 滨水自生植物组成特征

3.1.1 群落类型分析

比较4类聚类方法同表型相关系数发

现:UPGMA算术平均法聚类(0.952)>单连接聚合聚类(0.889)>完全连接聚合聚类(0.877)>Ward最小方差聚类(0.705),因此最终选用UPGMA算术平均法为最佳聚类法,并得出最优聚类簇数为37,即聚类得出37个植物群落(图3)。

考虑到研究范围主要以草本植物群落为主,而样方数量过少的群落可能不具有代表性,因此草本群落选择样方数量≥3,乔草群落和灌草群落样方数量>1的群落作为典型群落。最终获得典型植物群落共16个,其中包含乔草型3个、灌草型2个、草本型11个(表2)。可见研究区植物群落以草本植物群落为主,典型群落包括葎草(*Humulus scandens*)–狗牙根(*Cynodon dactylon*)+酸模叶蓼(*Persicaria lapathifolia*)+草木樨(*Melilotus officinalis*)群落、狗牙根+草木樨+棒头草(*Polypogon fugax*)群落、荆三棱(*Bolboschoenus yagara*)+藜(*Chenopodium album*)+北水苦荬(*Veronica anagallis-aquatica*)群落等;其次为灌草群落和乔草群落,典型群落包括构树(*Broussonetia papyrifera*)–狗牙根+白茅(*Imperata cylindrica*)群落、枫杨(*Pterocarya stenoptera*)–狗牙根+蒲苇(*Cortaderia selloana*)+酸模叶蓼、秋华柳(*Salix variegata*)–小蓬草(*Erigeron canadensis*)+藨草(*Phalaris arundinacea*)+火炭母(*Persicaria chinensis*)群落、白背枫(*Buddleja asiatica*)–狗牙根+蒲苇+野胡萝卜(*Daucus carota*)群落等。

3.1.2 科属组成特征

在本次调查的218个样方中,共记录到植物种类41科102属116种,如表3所示。选取种数大于5的科为优势科<sup>[18]</sup>,共有5个优势科,占总科数的12.2%,依次是菊科、禾本科、豆科、唇形科和莎草科。

表1 调研场地样地概况  
Tab. 1 Investigation site overview

| 所属区域<br>Region | 调研场地<br>Investigation location | 最低海拔 /m<br>Minimum<br>altitude | 最高海拔 /m<br>Maximum<br>altitude | 样方数量 / 个<br>Number of<br>quadrats |
|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 渝中区            | 重庆珊瑚公园                         | 159                            | 175                            | 28                                |
| 江北区            | 北滨路滨水沿岸<br>(黄花园大桥—千厮门大桥)       | 150                            | 166                            | 10                                |
|                | 北滨一路滨水沿岸<br>(渝澳大桥—嘉华大桥)        | 153                            | 168                            | 11                                |
|                | 塔山公园滨水沿岸                       | 158                            | 168                            | 15                                |
|                | 悦来滨江公园滨水沿岸                     | 173                            | 181                            | 16                                |
| 渝北区            | 金海湾滨江公园滨水沿岸                    | 166                            | 183                            | 13                                |
| 沙坪坝区           | 磁器口古镇沿岸滨水沿岸                    | 158                            | 173                            | 14                                |
| 南岸区            | 雅巴洞江滩公园滨水沿岸                    | 160                            | 176                            | 25                                |
| 九龙坡区           | 九龙滩广场滨水沿岸                      | 156                            | 172                            | 16                                |
| 巴南区            | 融汇茶花广场滨水沿岸                     | 168                            | 176                            | 13                                |
|                | 巴滨路湿地公园滨水沿岸                    | 166                            | 181                            | 11                                |
|                | 白鱼石公园滨水沿岸                      | 170                            | 185                            | 14                                |
|                | 五彩滨江公园滨水沿岸                     | 172                            | 176                            | 16                                |
| 北碚区            | 滑石滩公园滨水沿岸                      | 171                            | 182                            | 16                                |

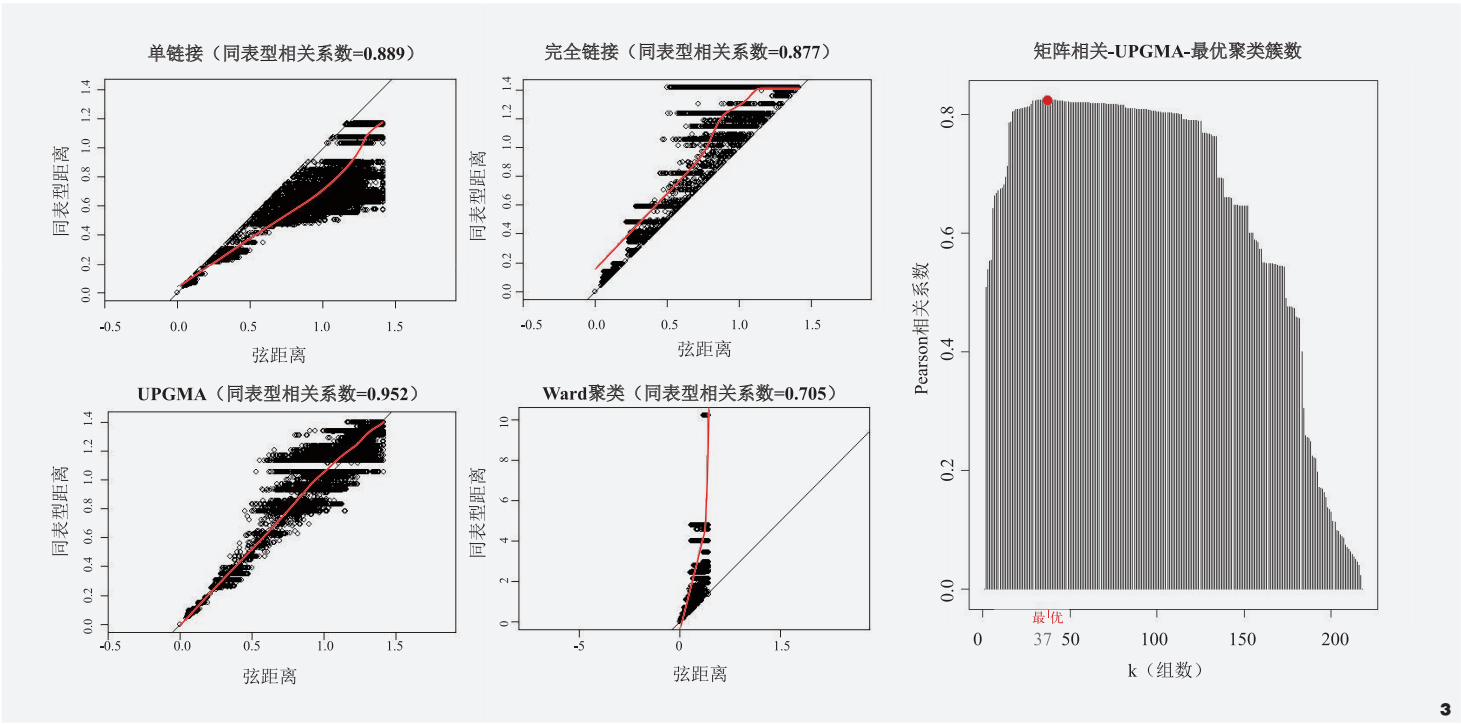


图3 基于R语言的群落聚类分析  
Fig. 3 Community clustering analysis based on R language

3.1.3 生活型组成

重庆滨水区自生植物生活型可分为5种类型，包括乔木、灌木、藤本、一二年生草本和多年生草本，其中乔木11科14属15种，灌木8科8属8种，藤本3科3属3种，一二年生草本14科41属43种，多年生草本21科42属47种(表4)。可见草本植物种类最多，占有所有植物的77.6%，且生长广泛，在各高程带均有分布，对滨水环境的适应性更强。乔木和灌木的占比很少，以常绿为主，通常分散生长在水位线175 cm以上区域。藤本植物以葎草和葛(*Pueraria montana* var. *lobata*)为典型代表，其生长蔓延速度快，常形成单一的葎草群落。

3.1.4 外来入侵物种分析

通过《中国外来入侵和归化植物名录2023版》和中国外来入侵物种信息系(<http://www.cniis.org.cn/>)

表2 典型植物群落类型  
Tab. 2 Typical plant community types

| 编号<br>Number | 聚类名称<br>Cluster name                             | 结构类型<br>Structure type | 样方数量 / 个<br>Number of quadrats | 占比 / %<br>Proportion |
|--------------|--|------------------------|--------------------------------|----------------------|
| 1            | 构树-狗牙根+白茅  | 乔草                     | 4                              | 1.83                 |
| 2            | 枫杨-狗牙根+蒲苇+酸模叶蓼                                   | 乔草                     | 4                              | 1.83                 |
| 3            | 银合欢( <i>Leucaena leucocephala</i> )-狗牙根+草木樨+野胡萝卜 | 乔草                     | 2                              | 0.92                 |
| 4            | 秋华柳-小蓬草+藜草+火炭母                                   | 灌草                     | 11                             | 5.05                 |
| 5            | 白背枫-狗牙根+蒲苇+野胡萝卜                                  | 灌草                     | 7                              | 3.21                 |
| 6            | 葎草-狗牙根+酸模叶蓼+草木樨                                  | 草本                     | 58                             | 26.61                |
| 7            | 狗牙根+草木樨+棒头草                                      | 草本                     | 36                             | 16.51                |
| 8            | 荆三棱+藜+北水苦蕒                                       | 草本                     | 20                             | 9.17                 |
| 9            | 棒头草+藜+酸模叶蓼                                       | 草本                     | 16                             | 7.34                 |
| 10           | 狗牙根+小蓬草+益母草( <i>Leonurus japonicus</i> )         | 草本                     | 9                              | 4.13                 |
| 11           | 狗牙根+蒲苇+野胡萝卜                                      | 草本                     | 9                              | 4.13                 |
| 12           | 酸模叶蓼+藜草+两栖蕺菜( <i>Rorippa amphibia</i> )          | 草本                     | 5                              | 2.29                 |
| 13           | 草木樨+野胡萝卜+小蓬草                                     | 草本                     | 3                              | 1.38                 |
| 14           | 蒲苇+草木樨+野胡萝卜                                      | 草本                     | 3                              | 1.38                 |
| 15           | 草木樨+棒头草+野豌豆( <i>Vicia sepium</i> )               | 草本                     | 3                              | 1.38                 |
| 16           | 狗牙根+芦苇( <i>Phragmites australis</i> )+酸模叶蓼       | 草本                     | 3                              | 1.38                 |



表3 植物的科属组成统计表 (所含种数>2)  
Tab. 3 Statistics of plant families and genera composition (more than 2 species)

| 序号<br>No. | 科<br>Family | 属数 / 个<br>Number of genera | 占总属数比例 / %<br>Proportion of genera | 种数 / 个<br>Number of species | 占总种数比例 / %<br>Proportion of species |
|-----------|-------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 1         | 菊科          | 18                         | 17.6                               | 22                          | 19.0                                |
| 2         | 禾本科         | 17                         | 16.7                               | 18                          | 15.5                                |
| 3         | 豆科          | 8                          | 7.8                                | 8                           | 6.9                                 |
| 4         | 唇形科         | 6                          | 5.9                                | 6                           | 5.2                                 |
| 5         | 莎草科         | 3                          | 2.9                                | 6                           | 5.2                                 |
| 6         | 伞形科         | 4                          | 3.9                                | 4                           | 3.3                                 |
| 7         | 蓼科          | 2                          | 2.0                                | 3                           | 2.6                                 |
| 8         | 茄科          | 2                          | 2.0                                | 3                           | 2.6                                 |
| 9         | 桑科          | 3                          | 2.9                                | 3                           | 2.6                                 |
| 10        | 苋科          | 3                          | 2.9                                | 3                           | 2.6                                 |
| 11        | 杨柳科         | 1                          | 1.0                                | 3                           | 2.6                                 |

表4 植物生活型组成统计表  
Tab. 4 Statistics of plant life form composition

| 生活型<br>Life form | 物种数 / 个<br>Number of species | 代表性植物<br>Typical plants                      |
|------------------|------------------------------|--|
| 乔木               | 15                           | 枫杨、构树、白柳 ( <i>Salix alba</i> )               |
| 灌木               | 8                            | 白背枫、秋华柳、水麻 ( <i>Debregeasia orientalis</i> ) |
| 藤本               | 3                            | 菝葜、葛   |
| 一二年生草本           | 43                           | 酸模叶蓼、草木樨、小蓬草                                 |
| 多年生草本            | 47                           | 狗牙根、蒲苇、两栖蕹菜                                  |

www.iplant.cn/ias) 对植物的入侵性进行界定和统计, 本次调查共记录到外来入侵植物19种, 其中属于恶意入侵(1级)植物9种, 包括小蓬草、钻叶紫菀、鬼针草等; 严重入侵(2级)物种2种, 局部入侵(3级)物种4种, 一般入侵物种(4级)3种(表5)。

3.2 滨水自生植物评价与筛选

3.2.1 评价与筛选体系构建

考虑到乔木和灌木作为群落的结构骨架, 具有较强稳定性, 因此将调查中的所有乔木和灌木均纳入评价体系。草本植物易受环境扰动, 群落动态变化明显, 因此, 通过草本植物重要值计算<sup>[9]</sup>, 优先选择重要值较高的植物以确保其生长的优势性, 本次评价选择重要值排名前50的草本植物, 再剔

除入侵物种, 并增加重要值不高但具有较高观赏价值的物种。最终选定70种植物进行评价, 包含乔木14种、灌木9种、草本47种。

利用CNKI中国知网数据库, 以“植物评价”“植物筛选”“适生选择”为关键词进行检索, 收集了10余篇以AHP层次分析法进行植物筛选与评价的相关文献, 作为本研究指标因子选取的参考<sup>[20-22]</sup>。再结合本次筛选目标, 构建本次筛选指标体系, 最终选定14个描述滨水近自然植物特征的评价因子, 并划分为生态适应性、生态价值、观赏价值、经济成本4个方面。其中, 生态适应性包含耐淹性、耐旱性、耐冲刷性、耐高温性、耐贫瘠性5个因子; 生态价值包含水土保持能力、空气净化能力、水质净化能力、土壤改良能力4个因子; 观赏价值包含植物观赏特

性、观赏期长短、季相变化3个因子; 经济成本包含栽植成本、养护管理成本2个因子(图4)。

利用1—9评分法构建判断矩阵, 邀请30名专家对4个准则层的重要程度打分, 最终回收有效份数28份, 计算得各准则层权重; 指标层因预评价时打分结果差异较小, 取平均权重(表6)。再针对14个指标层因子, 通过相关文献、植物志、苗木网站等查阅相关植物的生长与生态特性、观赏价值、经济成本等, 建立5级评分标准, 对各指标层因子进行1—5分的评分, 利用公式(1)计算每个筛选对象的综合分值。

$$N = \sum w_i \cdot P_i \quad (1)$$

式中,  $N$ 代表综合分值,  $w_i$ 代表因子 $i$ 的权重,  $P_i$ 代表因子 $i$ 的评分。最后, 按照下列标准进行等级划分: 当 $N \geq 3.5$ 分时, 等级为Ⅰ级;  $3.3 \leq N < 3.5$ 分时, 等级为Ⅱ级;  $3.0 \leq N < 3.3$ 时, 等级为Ⅲ级, 3.0分以下为Ⅳ级。

3.2.2 筛选结果分析与应用建议

通过权重值与评价分值的加权计算, 得出70种植物的综合分值(表7)。将每种植物最终的综合分值按从高到低的顺序进行排列, 分值越高说明该植物越适合用于重庆滨水近自然植物群落的构建。

根据评价结果, Ⅰ级植物共有19种, 包括乔木4种、灌木1种、草本14种。如表8所示, 这些植物在滨水消落带区域的生长表现出显著优势, 尤其在耐淹性、耐冲刷性和耐贫瘠等生长适应性方面尤为突出, 可优先作为重庆滨水近自然植物群落的骨干和功能性植物。例如, 落羽杉不仅树形高大优美、季相变化明显, 还具有水土保持、涵养水源等生态价值; 芦苇和香蒲等耐淹植物与河岸植

表5 入侵植物统计  
Tab. 5 Statistics of invasive plant

| 序号<br>No. | 植物名称<br>Species name | 拉丁名<br>Latin name                | 科<br>Family | 属<br>Genera | 出现频次/次<br>Occurrence frequency | 入侵等级<br>Invasion level |
|-----------|----------------------|----------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------|------------------------|
| 1         | 刺苋                   | <i>Amaranthus spinosus</i>       | 苋科          | 苋属          | 7                              | 1级                     |
| 2         | 土荆芥                  | <i>Dysphania ambrosioides</i>    | 藜苋科         | 腺毛藜属        | 12                             | 1级                     |
| 3         | 银胶菊                  | <i>Parthenium hysterophorus</i>  | 菊科          | 银胶菊属        | 9                              | 1级                     |
| 4         | 马缨丹                  | <i>Lantana camara</i>            | 马鞭草科        | 马缨丹属        | 11                             | 1级                     |
| 5         | 钻叶紫菀                 | <i>Symphytotrichum subulatum</i> | 菊科          | 联毛紫菀属       | 27                             | 1级                     |
| 6         | 小蓬草                  | <i>Erigeron canadensis</i>       | 菊科          | 飞蓬属         | 94                             | 1级                     |
| 7         | 鬼针草                  | <i>Bidens pilosa</i>             | 菊科          | 鬼针草属        | 16                             | 1级                     |
| 8         | 藿香蓟                  | <i>Ageratum conyzoides</i>       | 菊科          | 藿香蓟属        | 2                              | 1级                     |
| 9         | 大狼把草                 | <i>Bidens frondosa</i>           | 菊科          | 鬼针草属        | 3                              | 1级                     |
| 10        | 月见草                  | <i>Oenothera biennis</i>         | 柳叶菜科        | 月见草属        | 1                              | 2级                     |
| 11        | 野胡萝卜                 | <i>Daucus carota</i>             | 伞形科         | 胡萝卜属        | 88                             | 2级                     |
| 12        | 丝毛雀稗                 | <i>Paspalum urvillei</i>         | 禾本科         | 雀稗属         | 1                              | 3级                     |
| 13        | 粉绿狐尾藻                | <i>Myriophyllum aquaticum</i>    | 小二仙草科       | 狐尾藻属        | 1                              | 3级                     |
| 14        | 两栖蕹菜                 | <i>Rorippa indica</i>            | 十字花科        | 蕹菜属         | 48                             | 3级                     |
| 15        | 假酸浆                  | <i>Nicandra physalodes</i>       | 茄科          | 假酸浆属        | 1                              | 3级                     |
| 16        | 少花龙葵                 | <i>Solanum americanum</i>        | 茄科          | 茄属          | 42                             | 3级                     |
| 17        | 黑麦草                  | <i>Lolium perenne</i>            | 禾本科         | 黑麦草属        | 11                             | 4级                     |
| 18        | 草木樨                  | <i>Melilotus officinalis</i>     | 豆科          | 草木樨属        | 95                             | 4级                     |
| 19        | 鳢肠                   | <i>Eclipta prostrata</i>         | 菊科          | 鳢肠属         | 3                              | 4级                     |

优势。由于需要一定的养护管理，这类植物适合应用于滨水空间中较为稳定的区域，作为观赏植物以提升植物群落的景观价值。

IV级植物共有13种，包括乔木1种、灌木2种、草本10种。这些植物的综合优势较弱，各指标评价表现出明显的不均衡性，适合根据具体需求择优补充使用。例如，火炭母具有较强的耐淹性、耐贫瘠性及快速覆盖能力，可作为地被植物发挥绿色覆盖作用；过路黄则以花色艳丽、花期集中、铺地效果好及耐粗放管理等特点，成为优良的野生草本观花地被植物<sup>[20]</sup>。

综合来看，I级和II级的30种植物可作为重庆滨水近自然植物群落的推荐物种，在生态保护与修复中发挥关键作用，同时兼具一定的观赏价值。III级植物则作为丰富植物多样性和提升观赏体验的推荐物种，在视觉观赏与景观多样性方面具有重要意义。IV级植物可根据具体情况择优补充使用，以满足特定的景观或生态需求。

4 结论与讨论

本研究以重庆市中心城区“两江四岸”滨水区域为研究对象，通过对复杂地形与水文动态特征的深入分析，结合植物群落的实地调查与评价体系的构建，筛选出适合滨水近自然植物群落构建的70种自生植物，并将其分为4个等级，针对不同等级提出应用建议。研究结果为城市绿色空间的扩展和低碳发展目标的实现提供了新思路，对探索城市滨水绿地的绿色低碳与可持续发展路径具有重要的理论与实践意义。

(1) 对山地城市滨水绿地建设的启示。重庆作为典型的山地城市，其滨水绿地受复杂地形和水文动态的影响较大。本研究提出的植物筛选与配置方法，为重庆滨水绿地的

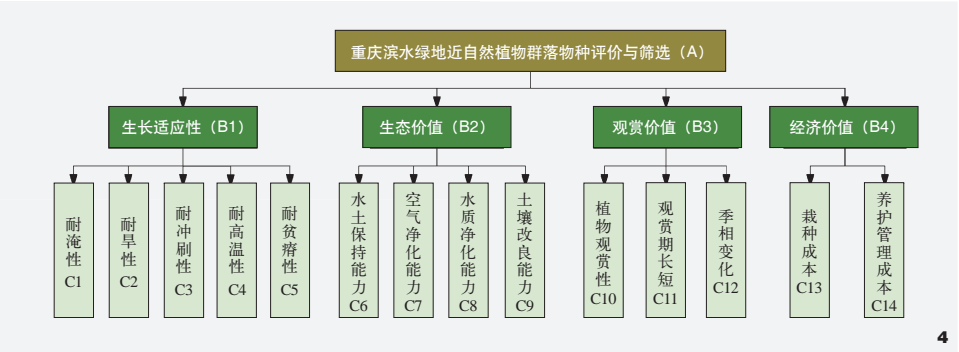


图4 重庆市滨水自生植物评价筛选体系  
Fig. 4 Evaluation and screening system for spontaneous riparian plants in Chongqing

被的结合，能够有效恢复自然生态系统，实现滨水植物景观在生态、功能与美学方面的有机统一<sup>[23]</sup>。

II级植物共有11种，包括乔木6种、草本5种。尽管其生态适应性和视觉观赏性略逊于I级植物，但整体表现良好，可作为I级植物的补充选择，有助于维持滨水环境的稳

定性。例如，秋枫和枫杨等乔木类植物虽在适应性上不及I级乔木，但仍具备一定的生态保护与修复功能，适合作为辅助性植物使用。

III级植物共有27种，包括乔木3种、灌木6种、草本18种。这些植物的耐淹性较低，在滨水绿地中的生长适应性和稳定性不及I级和II级植物，但在观赏价值上具有一定

表6 筛选评价因子权重值  
Tab. 6 Weight values of screening evaluation factors

| 准则层<br>Criterion layer | 准则层权/%<br>Criterion weight | 指标层<br>Indicator layer | 指标层权重/%<br>Indicator weight |
|------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 生长适应性<br>(B1)          | 37.53                      | 耐淹性 (C1)               | 7.506                       |
|                        |                            | 耐旱性 (C2)               | 7.506                       |
|                        |                            | 耐冲刷性 (C3)              | 7.506                       |
|                        |                            | 耐高温性 (C4)              | 7.506                       |
|                        |                            | 耐贫瘠性 (C5)              | 7.506                       |
| 生态价值 (B2)              | 34.97                      | 水土保持能力 (C6)            | 8.7425                      |
|                        |                            | 空气净化能力 (C7)            | 8.7425                      |
|                        |                            | 水质净化能力 (C8)            | 8.7425                      |
|                        |                            | 土壤改良能力 (C9)            | 8.7425                      |
| 观赏价值 (B3)              | 21.72                      | 植物观赏性 (C10)            | 7.240                       |
|                        |                            | 观赏期长短 (C11)            | 7.240                       |
|                        |                            | 季相变化 (C12)             | 7.240                       |
| 经济成本 (B4)              | 5.78                       | 栽植成本 (C13)             | 2.890                       |
|                        |                            | 养护管理成本 (C14)           | 2.890                       |

生态修复与景观营建提供了低成本、高韧性的解决方案，同时也为其他类似区域的滨水绿地建设提供了参考。

(2) 近自然绿地理念的实践价值。通过近自然理念，将滨水自生植物中具有高生态效益和景观价值的植物用于滨水绿地群落构建，可促进滨水绿地低维护、高韧性价值的发挥。本研究所筛选出的70种自生植物虽然都具有良好的滨水生态环境适应性，但在具体的植物群落构建应用中，仍然需要结合其微生境特征如生长海拔、土壤及水湿条件等进行选择<sup>[24-25]</sup>；条件允许时可进行控制实验，深入研究自生植物周期性生长状态及景观生态效益的季节波动。同时，需要警惕入侵物种对本地群落的威胁，可加强对外来入侵植物的监测与管理，确保滨水绿地的生态稳定性和可持续发展。

(3) 植物筛选的科学性与局限性。本研究基于AHP层次分析法构建评价体系，结合专家评分和实地调查，确保了筛选结果的科学性和适用性。然而，由于植物生长受环境动态变化的影响较大，未来仍需通过长期监测和动态调整，进一步优化植物群落配置。当前指标未完全纳入长期演替动态与气候变化响应，未来可结合遥感监

表7 评价植物的综合得分及等级划分  
Tab. 7 Comprehensive score and grade division of evaluated plants

| 等级<br>Grade | 生活型<br>Life form | 植物及其综合分值<br>Plant and comprehensive score   |
|-------------|------------------|---|
| I级          | 乔木               | 落羽杉( <i>Taxodium distichum</i> ) (4.014)、水松( <i>Glyptostrobus pensilis</i> ) (3.745)、长梗柳( <i>Salix dunni</i> ) (3.561)、黄葛树( <i>Ficus virens</i> ) (3.501)   |
|             | 灌木               | 秋华柳(3.501)  |
|             | 草本               | 鸭跖草( <i>Commelina communis</i> ) (3.974)、芦竹( <i>Arundo donax</i> ) (3.910)、问荆( <i>Equisetum arvense</i> ) (3.883)、香蒲( <i>Typha orientalis</i> ) (3.870)、芦苇(3.850)、断节莎( <i>Cyperus odoratus</i> ) (3.779)、荆三棱(3.777)、莎草( <i>Cyperus rotundus</i> ) (3.724)、蔺草( <i>Beckmannia syzigachne</i> ) (3.692)、细叶芒( <i>Miscanthus sinensis</i> ‘Gracillimus’) (3.662)、粉绿狐尾藻(3.650)、木贼( <i>Equisetum hyemale</i> ) (3.561)、紫茎泽兰( <i>Ageratina adenophora</i> ) (3.527)、蒲葦(3.502)   |
| II级         | 乔木               | 秋枫( <i>Bischofia javanica</i> ) (3.473)、枫杨(3.470)、冬青( <i>Ilex chinensis</i> ) (3.439)、白柳(3.437)、楝( <i>Melia azedarach</i> ) (3.352)、构树(3.317)   |
|             | 灌木               | —   |
|             | 草本               | 两栖蕲菜(3.470)、白茅(3.418)、月见草(3.368)、天胡荽( <i>Hydrocotyle sibthorpioides</i> ) (3.351)、草木樨(3.328)  |
| III级        | 乔木               | 银合欢(3.295)、香樟( <i>Camphora officinarum</i> ) (3.260)、蒲桃( <i>Syzygium jambos</i> ) (3.225)   |
|             | 灌木               | 木蓝( <i>Indigofera tinctoria</i> )(3.280)、牡荊( <i>Vitex negundo</i> var. <i>cannabifolia</i> )(3.280)、马缨丹(3.247)、山油麻( <i>Trema cannabina</i> var. <i>dielsiana</i> )(3.210)、桑( <i>Morus alba</i> ) (3.149)、地中海荚蒾( <i>Viburnum tinus</i> ) (3.078)   |
|             | 草本               | 天蓝苜蓿( <i>Medicago lupulina</i> ) (3.277)、萎蒿( <i>Artemisia selengensis</i> ) (3.269)、五月艾( <i>Artemisia indica</i> ) (3.251)、矢车菊( <i>Centaurea cyanus</i> ) (3.247)、白车轴草( <i>Trifolium repens</i> ) (3.224)、藿香蓟( <i>Ageratum conyzoides</i> ) (3.218)、秋英( <i>Cosmos bipinnatus</i> ) (3.203)、金光菊( <i>Rudbeckia laciniata</i> ) (3.188)、接骨草( <i>Sambucus javanica</i> ) (3.187)、狗牙根(3.183)、野艾蒿( <i>Artemisia lavandulifolia</i> ) (3.179)、马鞭草( <i>Verbena officinalis</i> ) (3.134)、藜(3.092)、野豌豆(3.068)、野古草( <i>Arundinella hirta</i> ) (3.064)、苕麻( <i>Boehmeria nivea</i> ) (3.061)、藿香( <i>Agastache rugosa</i> ) (3.056)、丝毛雀稗(3.032) |
| IV级         | 乔木               | 桃树( <i>Prunus persica</i> ) (2.700)   |
|             | 灌木               | 水麻(2.957)、白背枫(2.937)  |
|             | 草本               | 蜈蚣凤尾蕨( <i>Pteris vittata</i> ) (2.996)、藜草(2.975)、黄花蒿( <i>Artemisia annua</i> ) (2.974)、益母草(2.795)、火炭母(2.769)、毛茛( <i>Ranunculus japonicus</i> ) (2.691)、过路黄( <i>Lysimachia christinae</i> ) (2.645)、凤梨鼠尾草( <i>Salvia elegans</i> ) (2.641)、野胡萝卜(2.335)、黑麦草(2.217)  |



表8 I 级树种的突出优势  
Tab. 8 The prominent advantage of grade I tree species

| 植物类型<br>Plant form | 植物名称<br>Plant name | 突出优势<br>Prominent advantage |
|--------------------|--------------------|-----------------------------|
| 乔木                 | 落羽杉                | 水土保持涵养水源能力强, 色叶树种, 多样性维护    |
|                    | 水松                 | 中国特有树种、固堤护岸                 |
|                    | 长梗柳                | 可作护堤护岸植物栽培                  |
|                    | 黄葛树                | 低维护、易移栽、适应性强                |
| 灌木                 | 秋华柳                | 适合用于河岸的水土保持和生态修复            |
| 草本                 | 鸭跖草                | 根系发达, 具有很强的水土保持作用           |
|                    | 芦竹                 | 碳汇能力强、根系发达                  |
|                    | 问荆                 | 形态奇特、易栽培、成片栽植在水旁具有观赏性       |
|                    | 香蒲                 | 优良的水生观赏植物                   |
|                    | 芦苇                 | 固堤护坡、控制杂草、治理环境              |
|                    | 断节莎                | 主要用于湿地植物修复                  |
|                    | 荆三棱                | 在湿地景观中具有一定的观赏价值             |
|                    | 莎草                 | 水土保持、易栽培、低维护                |
|                    | 茵草                 | 在湿地景观中有较好的视觉效果              |
|                    | 细叶芒                | 多年生暖季型草本, 极具野趣              |
|                    | 粉绿狐尾藻              | 有效吸收水体中的富营养物质, 水景常见观赏植物     |
|                    | 木贼                 | 姿态别致                        |
|                    | 紫茎泽兰               | 具有较强的扩散和覆盖能力, 需谨慎管理避免入侵     |
|                    | 蒲葦                 | 四季常绿、观赏性强、养护成本低             |

测与长期定位观测完善评价维度。此外, 植物根系固土能力、碳汇效率等生态指标也可进一步量化。

综上所述, 本研究通过科学的植物筛选与评价, 为重庆滨水绿地的生态修复与景观优化提供了理论支持和实践指导, 有助于实现滨水绿地的绿色、低碳与可持续发展目标<sup>[20]</sup>。进一步探索滨水植物群落的动态演替规律, 结合气候变化和人类活动的影响, 优化植物筛选与配置策略; 针对不同高程带设计群落配置模板, 并开展植物—土壤—水文耦合效应研究, 以提升滨水绿地的气候适应性与碳汇潜力。

注: 文中图表均由作者绘制。

参考文献

[1] 陈光. 品质导向的城市滨水区更新决策路径研究[J]. 规划师, 2024, 40(S1): 78-85.  
[2] O'BRIAIN R, CORENBLIT D, GARÓFANO-GÓMEZ V, et al. Towards

Biogeomorphic River Restoration: Vegetation as a Critical Driver of Physical Habitat[J]. River Research and Applications, 2024, 40(06): 1087-1105.  
[3] 杨柳青, 陈鸿飞, 游奉溢, 等. 基于“微地形—植物”协同的三峡库区城市消落带修复设计与评估[J]. 中国城市林业, 2024, 22(04): 171-179.  
[4] LIN Y, FANG L, ZHOU W, et al. Evaluating the Long-term Effects of Near-natural Restoration on Post-fire Forest Dynamics in a Wildland-urban Interface Landscape[J]. Ecological Indicators, 2024, 160: 111777.  
[5] 许新桥. 近自然林业理论概述[J]. 世界林业研究, 2006, 19(01): 10-13.  
[6] 宋杉杉, 许文婕, 刘倩, 等. 长江下游(南京段)滨岸带优势草本植物生态位及种间关系[J]. 长江流域资源与环境, 2024, 33(09): 1929-1941.  
[7] 王睿, 朱玲. 近自然理念下城市河岸带草本植物群落构建的实验研究途径[J]. 风景园林, 2022, 29(10): 102-108.  
[8] 达良俊, 杨永川, 陈鸣. 生态型绿化法在上海“近自然”群落建设中的应用[J]. 中国园林, 2004, 20(03): 41-43.  
[9] JANSSEN P, CAVAILLÉ P, BRAY F, et al. Soil Bioengineering Techniques Enhance Riparian Habitat Quality and Multi-taxonomic Diversity in the Foothills of the Alps and Jura Mountains[J]. Ecological Engineering, 2019, 133: 1-9.  
[10] 王沫, 刘畅, 李晓璐, 等. 近自然社区公园的生物多样性特征——以北京市中心城区为例[J]. 生态学报, 2022, 42(20): 8254-8264.  
[11] 詹姆斯·希契莫夫, 刘波, 杭烨. 城市绿色基础设施中大规模草本植物群落种植设计与管理的生态途径[J]. 中国园林, 2013, 29(03): 16-26.  
[12] 黄卓. 上海近自然城市森林营建策略研究——以上海浦东张家浜楔形绿地为例[J]. 建筑与文化, 2024(03): 235-237.  
[13] 任斌斌, 李树华, 殷丽峰, 等. 模拟常熟地区自然群落的植物景观设计[J]. 林业科学, 2009, 45(12): 139-145.  
[14] 何平生, 李进林, 贺秀斌, 等. 三峡水库消落带泥沙淤积层水肥特性高程梯度分异[J]. 水土保持学报, 2025, 39(02): 209-217.  
[15] 江维薇, 杨楠, 肖衡林. 三峡库区与西南库区消落带植物多样性及群落构建比较[J]. 湖泊科学, 2023, 35(02): 564-579.  
[16] 张文玲, 陈凌. 三峡库区消落带观赏草植物适生研究及对土壤氮磷的富集特征分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2021, 46(10): 45-50.  
[17] BORCARD D, GILLET F, LEFENDRE P. 数量生态学——R语言的应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2014.  
[18] 张庆费, 贾璇璇, 郑思俊, 等. 城市工业区野境植物多样性与群落结构研究——以原上海溶剂厂再野化为例[J]. 中国园林, 2021, 37(12): 14-19.  
[19] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001.  
[20] 王敏, 马立辉, 谢英赞, 等. 基于层次分析法的山地城市边坡水土保持植物应用筛选——以重庆市为例[J]. 林业调查规划, 2018, 43(06): 94-99.  
[21] 韦菁, 范昕宇. 滨海盐碱地适生植物筛选研究——以金山围填海项目为例[J]. 中国园林, 2021, 37(04): 116-121.  
[22] 吴亚玲, 鲍齐齐, 万开元, 等. 华东地区水湿生木本植物综合评价与筛选[J]. 中国园林, 2023, 39(04): 109-114.  
[23] KAŁUŻA T, SZOSZKIEWICZ K, SZAŁKIEWICZ E. Hydromorphological Effect of Introducing Small Water Structures in River Restoration – the Example of PBHs Implementation[J]. Journal of Ecological Engineering, 2016, 17(02): 90-96.  
[24] 袁嘉, 陈炼, 罗嘉琪, 等. 立体生态景观的适应性重构——山地城市河流护岸草本植物群落生态种植[J]. 景观设计学, 2020, 8(03): 44-57.  
[25] 余飞燕, 叶鑫, 周润惠, 等. 金马河温江段河岸带不同生境植物物种多样性与土壤理化性质的动态变化[J]. 热带亚热带植物学报, 2021, 29(01): 1-8.  
[26] 赖小红, 汪洪夷, 徐晓梧, 等. 城市荒野景观植被研究进展[J]. 中国城市林业, 2024, 22(05): 90-95.